低価格、±2 g 2軸 *i* MEMS® ディジタル出力付き加速度センサー

ADXL202

特長

2軸加速度センサーを単一ICチップ上に搭載
静的加速度、動的加速度の計測
ユーザーが調整できる周期のデューティ・サイクル出力
低消費電力<0.6 mA
電解、水銀または温度傾斜センサーよりも高速応答
軸毎にコンデンサひとつでバンド幅調整
60 Hzバンド幅時で5 mgの分解能
+3 Vから+5.25 V、単電源動作
耐衝撃1000 g

アプリケーション

2軸傾斜センサー
コンピュータ周辺機器
慣性ナビゲーション
地震のモニタリング
車両安全システム
バッテリ駆動動作センサー

概要

ADXL202は低価格、低パワーの完全な2軸加速度センサーで±2 gの範囲の計測を行います。ADXL202は(振動等の)動的加速度も(重力等の)静的加速度も共に計測できます。

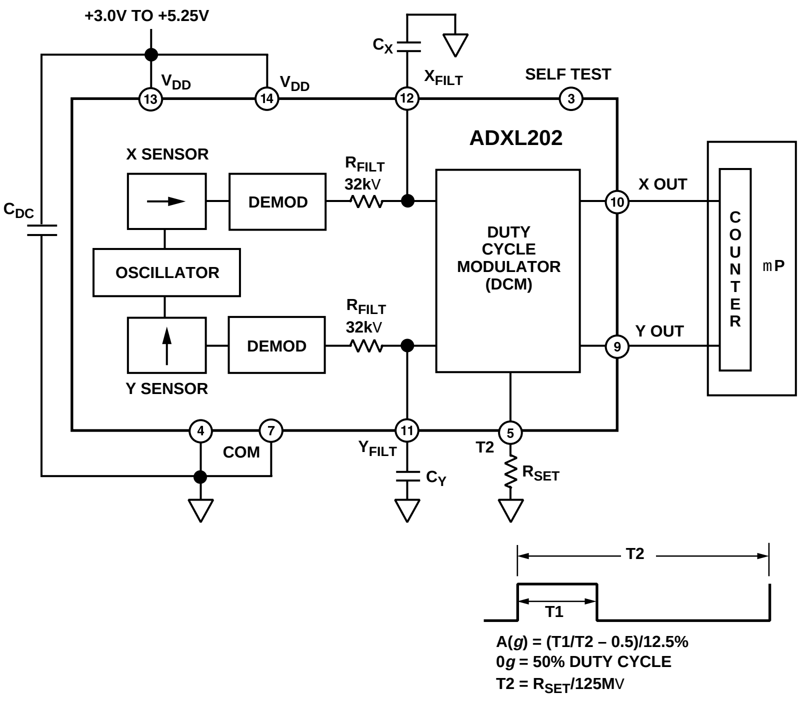
この出力はデジタル信号で、そのデューティ・サイクル(周期に対するパルス幅の比率)は2つの検出軸のそれぞれでの加速度に比例しています。これらの出力はマイクロプロセッサのカウンタで直接測定でき、A/Dコンバータやロジック回路を必要としません。その出力周期は抵抗(R_{SET})ひとつで0.5 msから10 msの範囲に調整できます。電圧出力が欲しい時にはX_{FILT}とY_{FILT}ピンから加速度に比例した電圧出力が得られますし、デューティ・サイクル出力にフィルタをかけて再構成する事もできます。

ADXL202のバンド幅はコンデンサC_X、C_Yによって0.01 Hzから5 kHzに設定できます。

ノイズ・フロアの典型値は500 μg/√Hzですので60 Hz以下のバンド幅において5 mg以下の信号を検出できます。

ADXL202は14ピンのハーメチック表面実装セラミック・パッケージを採用しており、商業温度範囲0℃から+70℃、工業温度範囲-40℃から+85℃で仕様が保証されています。

機能ブロック図



*i*MEMSはアナログ・デバイセズ社の商標です。

REV.0

アナログ・デバイセズ株式会社

本　　社/東京都港区海岸1-16-1　電話03(5402)8200　〒105-6891
ニューピア竹芝サウスタワービル
大阪営業所/大阪市淀川区宮原3-5-36　電話06(6350)6868(代)　〒532-0003
新大阪第2森ビル

ADXL202―仕様

(特に指定の無い限り、T_A＝T_{MIN}からT_{MAX}、JグレードのみT_A＝＋25℃、V_{DD}＝＋5 V、R_{SET}＝125 kΩ、加速度＝0 g)

パラメータ	条件	ADXL202JQC/AQC Min	Typ	Max	単位
センサ入力	各軸				
測定レンジ[1]		±1.5	±2		g
非直線性	ベスト・フィット・ストレート・ライン		0.2		% of FS
アライメント誤差[2]			±1		Degrees
アライメント誤差	XセンサーからYセンサー		±0.01		Degrees
横断感度[3]			±2		%
感度	各軸				
デューティ・サイクル/g	T1/T2 @＋25℃	10	12.5	15	%/g
感度、アナログ出力	X_{FILT}、Y_{FILT}ピンで		312		mV/g
温度ドリフト	＋25℃からのΔ		±0.5		% Rdg
ゼロgバイアス・レベル	各軸				
0 gデューティ・サイクル	T1/T2	25	50	75	%
初期オフセット0			±2		g
0 gデューティ・サイクル対電源電圧			1.0	4.0	%/V
0 gオフセット 対 温度[4]	＋25℃からのΔ		2.0		mg/℃
ノイズ特性					
ノイズ密度[5]	@＋25℃		500	1000	μg/√Hz
周波数応答					
3 dBバンド幅	デューティ・サイクル出力		500		Hz
3 dBバンド幅	X_{FILT}、Y_{FILT}ピンで		5		kHz
センサ共振周波数			10		kHz
フィルタ					
R_{FILT}誤差	典型値32 kΩ		±15		%
最小容量	X_{FILT}、Y_{FILT}で	1000			pF
セルフ・テスト					
デューティ・サイクル変化	セルフ・テスト“0”～“1”		10		%
デューティ・サイクル出力段					
F_{SET}			C_X、C_Y＝5 μF/3 dB BW		
F_{SET}誤差出力	R_{SET}＝125 kΩ	0.7		1.3	kHz
HI電圧出力	I＝25 μA	V_S－200 mV			mV
LO電圧出力	I＝25 μA			200	mV
T2ドリフト対温度			35		ppm/℃
立ち上がり・立ち下がり時間			200		ns
電源電圧					
動作電圧範囲		3.0		5.25	V
性能規定電圧範囲		4.75		5.25	V
静止時電源電流			0.6	1.0	mA
ターンオン時間[6]	99%になるまで		160 C_{FILT}＋0.3		ms
温度範囲					
動作温度範囲	JQC	0		＋70	℃
性能規定温度範囲	AQC	－40		＋85	℃

注
1 オフセットと感度のすべての組み合わせで。
2 アライメント誤差は軸の感度の真の角度と示された角度との差で規定。
3 横断感度はアライメント誤差と固有の感度誤差との和。
4 ＋25℃における初期値とT_{MIN}からT_{MAX}の間の最悪値との間のパラメータの最大の変化値。
5 ノイズ密度（μg／√Hz）はデバイスのバンド幅内のすべての周波数でのノイズの平均。
6 C_{FILT}の単位はμF。フィルタ容量の増加はターンオン時間を増加させる。アプリケーション部のパワー・サイクリングの節を参照。
すべての最小値、最大値規定は保証されています。典型値規定についてはテストや保証はされていません。仕様は予告無しに変更になる事があります。

絶対最大定格*

加速度(全軸、電源OFF時、0.5 ms間)	1000 g
加速度(全軸、電源ON時、0.5 ms間)	500 g
$+V_S$	−0.3 V ～ +7.0 V
出力ショート時間(すべてのピンからコモン間)	不定
動作温度範囲	−55℃ ～ +125℃
貯蔵温度範囲	−65℃ ～ +150℃

* 絶対最大定格を越えてのストレスはデバイスに対して永久的なダメージを与える事があります。この定格はデバイスの単なるストレスの度合いであり、これらのまたはこれらの条件を越えてのデバイスの機能には仕様は適用されません。絶対最大定格値での長時間のデバイスの使用はデバイスの信頼性に影響を与えます。

固い表面への落下は1000 gを越える衝撃を与え、絶対最大定格を超える事があります。ダメージをさけるためにも取り扱いには注意して下さい。

各ピンの機能説明

ピン	名前	機能
1	NC	無接続
2	V_{TP}	テスト・ポイント、接続しないで下さい
3	ST	セルフ・テスト
4	COM	コモン
5	T2	T2周期設定のためにR_{SET}を接続
6	NC	無接続
7	COM	コモン
8	NC	無接続
9	Y_{OUT}	Y軸デューティ・サイクル出力
10	X_{OUT}	X軸デューティ・サイクル出力
11	Y_{FILT}	Yフィルタ用にコンデンサを接続
12	X_{FILT}	Xフィルタ用にコンデンサを接続
13	V_{DD}	電源ピン+3 Vから+5.25 V、14ピンに接続
14	V_{DD}	電源ピン+3 Vから+5.25 V、13ピンに接続

パッケージ特性

パッケージ	θ_{JA}	θ_{JC}	デバイス重量
14ピン・セラパック	110℃/W	30℃/W	5グラム

オーダー・ガイド

型名	軸数	温度範囲	パッケージの説明	パッケージ・オプション
ADXL202JQC	2	0℃～+70℃	14ピン・セラパック	QC-14
ADXL202AQC	2	−40℃～+85℃	14ピン・セラパック	QC-14

ピン配置図

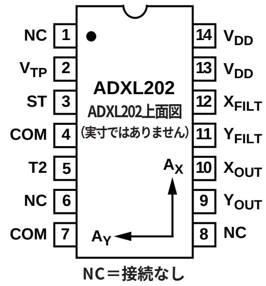


図1はADXL202の地球重力場での応答について示しています。その出力値は典型値です。この図は地球との方向の変化によってどんなタイプの応答があるべきかを示しています。

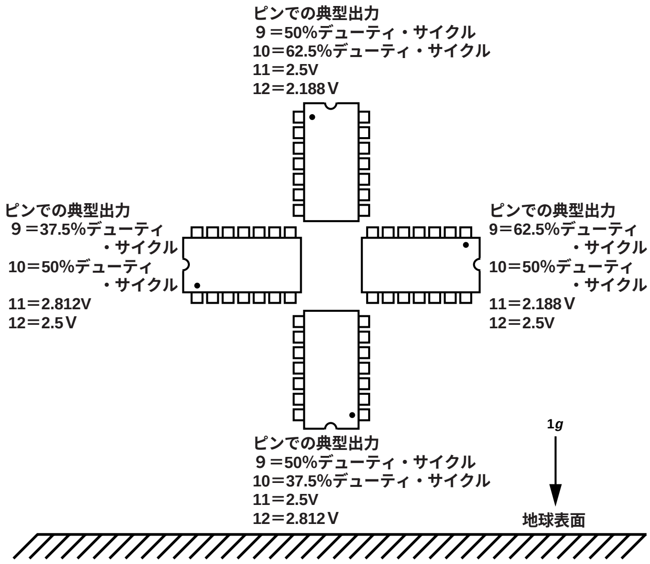


図1. ADXL202の重力に対する典型応答

注意

ESD(静電放電)の影響を受けやすいデバイスです。4000 Vもの高圧の静電気が人体やテスト装置に容易に帯電し、検知されることなく放電されることもあります。このADXL202には当社独自のESD保護回路を備えていますが、高エネルギーの静電放電にさらされたデバイスには回復不能な損傷が残ることもあります。したがって、性能低下や機能喪失を避けるために、適切なESD予防措置をとるようお奨めします。

WARNING!
ESD SENSITIVE DEVICE

典型特性（特に指定がない限り、@＋25℃、R_{SET}＝125 kΩ、V_{DD}＝＋5 V）

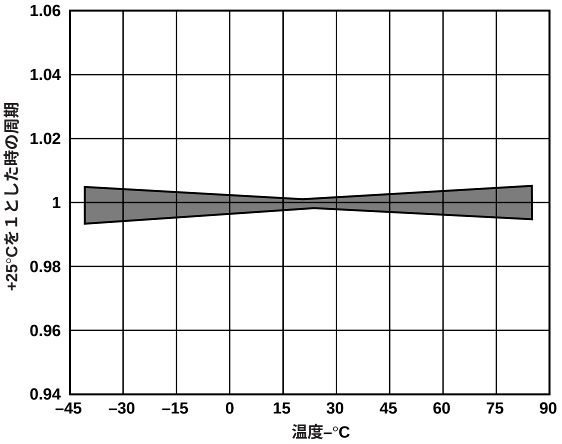


図2．正規化DCM周期（T2）対 温度

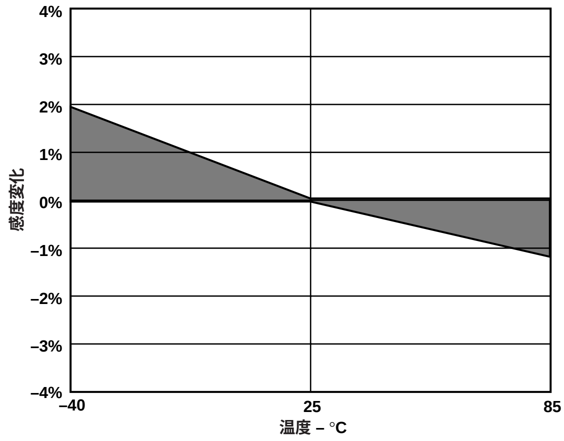


図5．温度によるX軸感度ドリフトの典型値

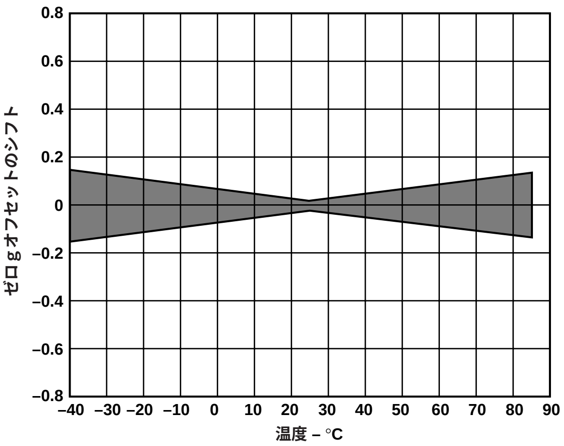


図3．0 gオフセット対温度の典型値

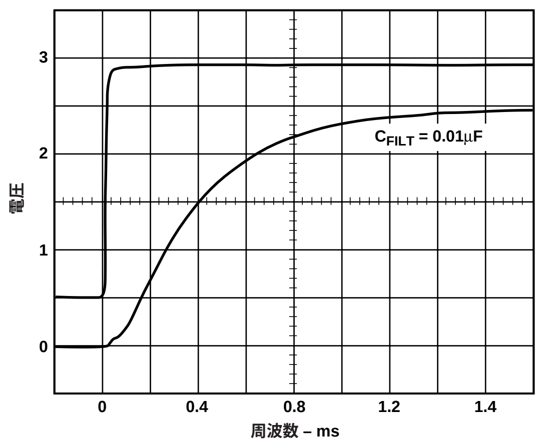


図6．ターンオン時間の典型値

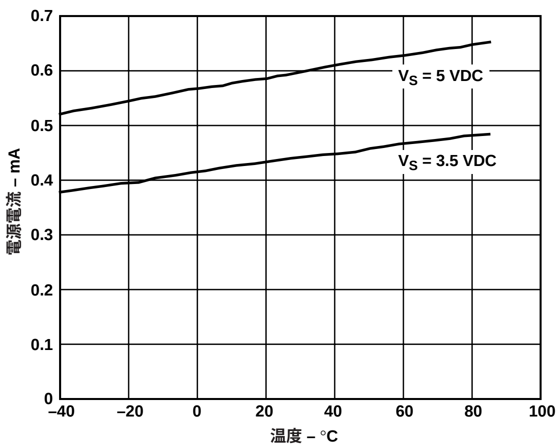


図4．電源電流対温度の典型値

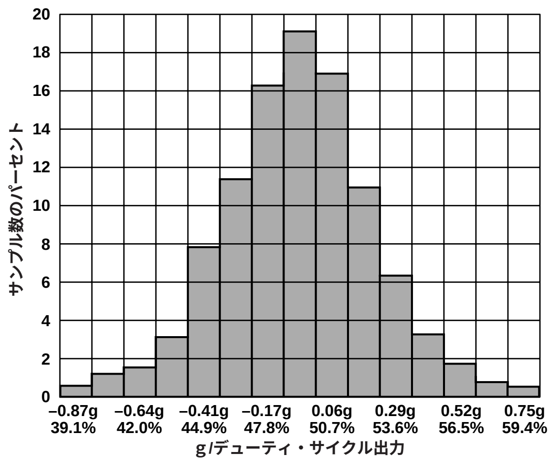


図7．＋25℃での0 g分布の典型値

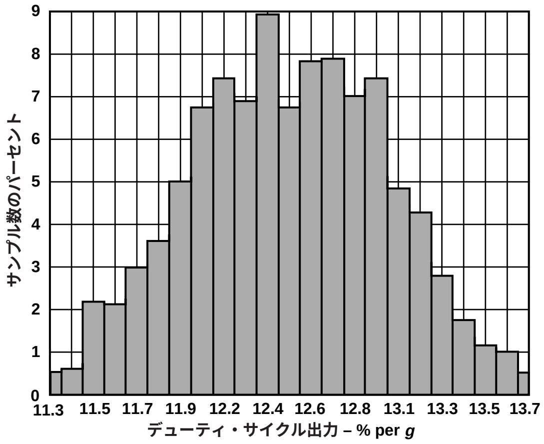


図8．＋25℃での感度分布

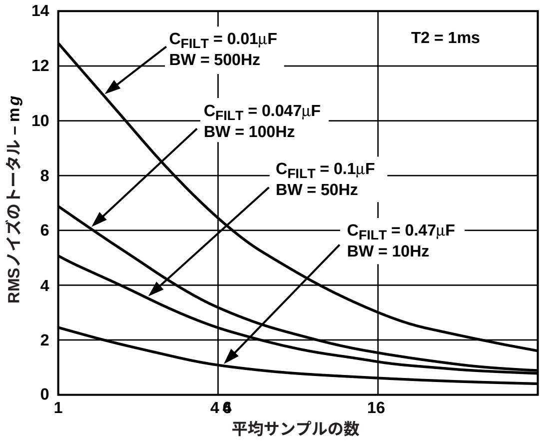


図10．デジタル出力でのノイズの典型値

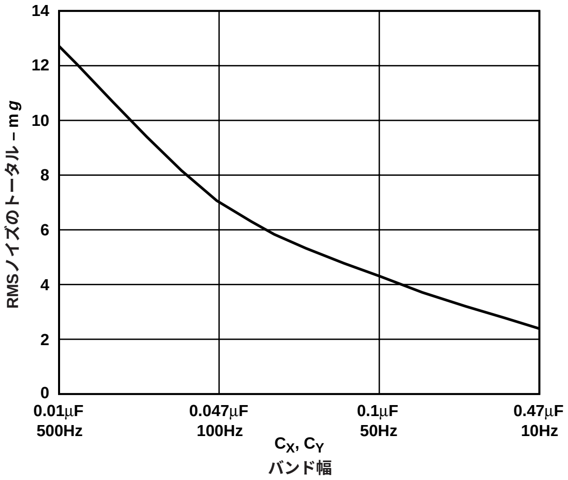


図9．X_{FILT}出力でのノイズの典型値

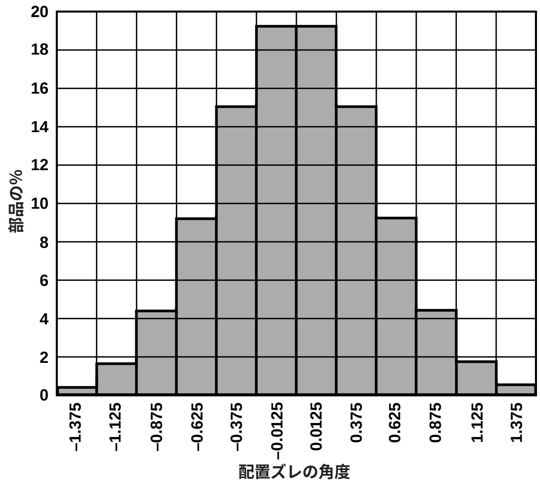


図11．ダイの配置角度

定義

T1	サイクル中の“ on ”部の長さ
T2	トータルのサイクルの長さ
デューティ・サイクル	全サイクル（T2）に対する“ on ”時間（T1）の比率。ADXL202ではT1/T2で定義されます。
パルス幅	“ on ”パルスの時間。ADXL202ではT1として定義。

動作原理

ADXL202は完全な2軸の加速度計測システムがひとつのモノリシックICになったものです。このICはポリシリコン表面のマイクロマシン・センサと信号処理回路を持ち、オープン・ループの加速度計測構造を実現しています。各軸毎に、出力回路はアナログ信号をデューテイ・サイクル変調（DCM）したディジタル信号に変換し、その信号はマイクロプロセッサのカウンタ/タイマー・ポートでデコードする事ができます。このADXL202は加速度を正方向、逆方向の両方に最大±2gのレベルで計測する能力があります。また、傾斜センサーとして使用する事でこの加速度センサーは重力等の静的な加速度も計測します。

このセンサーはシリコン・ウエファー上に作られた表面マイクロマシン技術ポリシリコン構造になっています。ポリシリコンのスプリングがこの構造をウエファー表面から浮かせていて加速度による力への抵抗になっています。その構造のふれを、独立し固定された電極と可動部に取り付けられた中心電極からなる差動コンデンサを使って測定します。その固定板は180°位相のずれた方形波でドライブされます。加速度によりビームにゆれが起こり、差動コンデンサにアンバランスが生じます。その結果加速度に比例した振幅の方形波が出力されます。位相検出復調技術を使ってその信号を整流し加速の方向を求めます。

復調器の出力は32 kΩの抵抗を通してデューティ・サイクル変調器（DCM）段をドライブします。このポイントのピンが各チャンネル毎にありますので、ユーザーがコンデンサを付加する事で信号のバンド幅を設定する事ができます。このフィルタリングによって測定の分解能を向上させエイリアシングの防止の手助けができます。

ローパス・フィルタを通った後、そのアナログ信号はDCM段でデューテイ・サイクル変調信号に変換されます。抵抗一つで周期（T2）を、0.5 msから10 msの間に設定できます（図12参照）。加速度0 gは通常50%のデューティ・サイクルを生成します。加速度信号は、低価格のマイクロコントローラのカウンタ/タイマーやポーリング・ループ処理を使ってT1とT2のパルスの長さを測る事で求める事ができます。

また、X_{FILT}ピンとY_{FILT}ピンからの信号をバッファリングする事やデューティ・サイクル信号をRCフィルタを通してdc値を再構成する事でアナログ出力電圧を得る事もできます。

ADXL202は3.0 Vから5.25 Vの間の供給電圧で動作します。

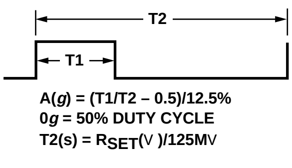


図12

アプリケーション

ADXL202のための設計手順

デューティ・サイクル出力を使ったADXL202の設計手順ではデューティ・サイクル周期とフィルタのコンデンサ容量の選択が必要です。適切な設計を行うために、アプリケーションで要求されるバンド幅、信号の分解能、アクイジション時間等を考慮しなければなりませんが、以下の節でその説明をします。

V_{DD}

ADXL202にはふたつの電源ピン（V_{DD}）があります。それらはピン13と14です。これらふたつのピンは直接一緒に繋いで下さい。

COM

ADXL202にはふたつのコモン・ピン、ピン4と7、があります。これらのふたつのピンは直接一緒に繋いでピン7をグラウンドします。

V_{TP}

このピンは何も接続せず、開放にしておいて下さい。

デカップリング・コンデンサ C_{DC}

電源のデカップリングのためにV_{DD}とCOMの間に0.1 μFのコンデンサが推奨されます。

ST

STピンはセルフ・テスト機能をコントロールします。このピンがV_{DD}に設定されると静電気力が加速度センサーのビームの部分に働きます。それによってビームが動き、結果としてユーザーは加速度センサーが機能しているかどうかをテストする事ができます。出力の典型的な変化はデューティ・サイクルで10%です（これは800 mgに対応します）。通常の場合、このピンは開放のままにしておくかコモンに接続しておきます。

デューティ・サイクルのデコード

ADXL202のディジタル出力はデューティ・サイクル変調器で、加速度はT1/T2の比に比例します。ADXL202の通常の出力は：

0 g= 50%デューティ・サイクル

スケール・ファクタはgあたり12.5%のデューティ・サイクル変化

これらの通常値はゼロgオフセット誤差や感度誤差等のデバイスの初期toleranceに影響を受けます。

T2は測定サイクル毎に測る必要はありません。（比較的遅いプロセス等で）温度による変化を考慮に入れなければならない時にのみ更新を必要とします。T2の時間周期はXチャンネル、Yチャンネルの両方で共通ですので、ADXL202のひとつのチャンネルでのみの測定しか必要としません。さまざまなマイクロコントローラで信号のデコードのアルゴリズムが開発されています。適切なアプリケーション・ノートを参照して下さい。

C_XとC_Yを使ってのバンド幅の設定

ADXL202はバンド幅の制限のためにX_{FILT}ピンとY_{FILT}ピンを持っています。アンチエイリアシングとノイズ除去のためのローパス・フィルタのためにこれらのピンにコンデンサを接続しなければなりません。そのフィルタの3 dBバンド幅は以下の式で与えられます。

$$F_{-3dB} = \frac{1}{(2\pi\ (32\,k\Omega) \times C\ (x,\ y))}$$

または、これを簡略化して、$F_{-3dB} = \dfrac{5\mu F}{C_{(X,\ Y)}}$

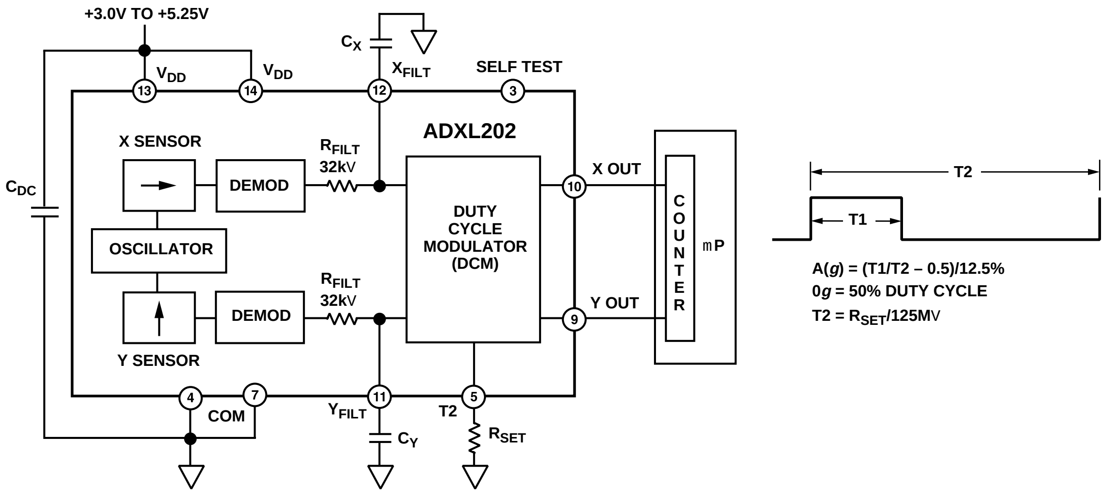


図13

内部抵抗（R_{FILT}）の許容誤差は、その典型値32 kΩの±25%の変動になっていますので、バンド幅もそれによって変化します。どんな場合でも$C_{(X, Y)}$には最低1000 pFの容量が必要です。

表Ⅰ．フィルタ用コンデンサの選択、C_XとC_Y

バンド幅	容量値
10 Hz	0.47 μF
50 Hz	0.10 μF
100 Hz	0.05 μF
200 Hz	0.027 μF
500 Hz	0.01 μF
5 kHz	0.001 μF

R_{SET}によるDCM周期の設定

両チャンネルのDCM出力の周期はR_{SET}ピンとグラウンドの間に接続する抵抗ひとつで設定されます。この周期を求める式を示します。

$$T2 = \frac{R_{SET}(\Omega)}{125\,M\Omega}$$

125 kΩの抵抗値はデューティ・サイクルの繰り返しレートをおよそ1 kHz、周期で言うと1 msに設定します。このデバイスは0.5 msから10 msの間のデューティ・サイクル周期で動作するように設計されています。

表Ⅱ．T2を設定する抵抗値

T2	R_{SET}
1 ms	123 kΩ
2 ms	250 kΩ
5 ms	625 kΩ
10 ms	1.25 MΩ

アナログ出力のみを使用する時でもR_{SET}は必ず必要ですので注意して下さい。R_{SET}の抵抗はX_{FILT}またはY_{FILT}から出力を取り出す時には500 kΩから2 MΩの間の値を使って下さい。R_{SET}の抵抗は、この端子での寄生容量を最小にするためにT2ピンのできる限り近くに配置して下さい。

マイクロコンピュータ・インターフェース

ADXL202は低価格のマイクロコントローラで動作するように特別に設計されています。弊社では規定コード・セット、参考設計回路、アプリケーション・ノート等を用意しています。この節では一般的な設計手順の概要を示し、考慮すべきさまざまなトレード・オフについて説明してます。

設計者はシステムで要求される性能について以下の様な項目に対する考えを持っていなければなりません。

分解能：感知する必要のある信号変化量の最小値

バンド幅：感知する必要のある最高の周波数

アクイジション時間：各軸で信号が得られるまでの時間

これらの要求項目は加速度センサーのバンド幅、マイクロコントローラのクロックのスピード、T2周期の長さを決めるのに役立ちます。

マイクロコントローラを選択する時には、カウンタやタイマ・ポートがあるものが便利です。そのマイクロコントローラはソフトウエアによる校正ができるものにすべきです。ADXL202は高精度の加速度センサですが、かなり大きな初期オフセットがあります。このオフセットをゼロにする最も簡単な方法はマイクロコントローラにセーブしておいた校正ファクタを使ったりゼロｇのためにユーザーが校正を行う事です。製造段階でオフセットの校正を行う場合、いろいろな方法がありますが、外部EEPROMを使う方法や、"ワン・タイム・プログラム"ができるマイクロコントローラを使う方法等があります。

フィルタ特性の選択での設計トレード・オフ：ノイズ／バンド幅のトレード・オフ

加速度センサーで選択されたバンド幅で、その測定の分解能（感知できる加速度の最小値）が決まります。フィルタリングによってノイズ・フロアを低くして加速度センサーの分解能を改善する事ができます。分解能はX_{FILT}とY_{FILT}におけるアナログ・フィルタのバンド幅とマイクロコントローラのカウンターのスピードに依存します。

ADXL202のアナログ出力の典型的なバンド幅は5 kHzで、デューティ・サイクル段が変換できるのよりもずっと高い周波数です。ユーザーはエイリアシング誤差を制限するためにこの地点において信号をフィルタリングしなければなりません。DCM誤差を最小にするためにアナログのバンド幅はDCM周波数の1/10より小さくして下さい。多くのアプリケーションでは、アナログのバンド幅がDCM周波数の1/2まで大きくなる事があります。その結果大きなダイナミック誤差がDCMの際に発生してしまいます。

アナログのバンド幅をさらに狭める事でノイズは減少し、分解能は改善します。ADXL202のノイズはホワイト・ガウシアン・ノイズの特性を持ちすべての周波数に対して等しく影響し、単位はμg/√Hzで表されます。すなわち、そのノイズは加速度センサーのバンド幅の平方根に比例します。加速度センサーの分解能とダイナミック・レンジを最大にするために、アプリケーションで必要とされる最低の周波数にバンド幅を制限するとよいでしょう。

単極のロールオフ特性により、ADXL202の典型的ノイズは以下の式で求められます。

$$Noise\ (rms) = (500\mu g/\sqrt{Hz}) \times (\sqrt{BW \times 1.5})$$

100 Hzでのノイズは：

$$Noise\ (rms) = (500\mu g/\sqrt{Hz}) \times (\sqrt{100 \times (1.5)}) = 6.12\ mg$$

ノイズのピーク値がよく希望されます。ピーク・トウ・ピークのノイズは静的方法によってのみ概算されます。表IIIは与えられたrms値を越えるピーク値の確率を推定したものです。

表III．ピーク・トウ・ピーク・ノイズの推定

通常のピーク・トウ・ピーク値	通常のピーク・トウ・ピーク値を越えるノイズの時間の%
2.0×rms	32%
4.0×rms	4.6%
6.0×rms	0.27%
8.0×rms	0.006%

ピーク・トウ・ピーク・ノイズ値は、ひとつの測定での不確定性に最良の推定値です。

表IVはさまざまなC_XとC_Yの値に対するADXL202の典型的ノイズ出力を示します。

表IV．フィルタ・コンデンサの選択、C_XとC_Y

バンド幅	C_X、C_Y	rmsノイズ	95%の確率（rms×4）でのピーク・トウ・ピーク・ノイズの推定値
10 Hz	0.47 μF	1.9 mg	7.6 mg
50 Hz	0.10 μF	4.3 mg	17.2 mg
100 Hz	0.05 μF	6.1 mg	24.4 mg
200 Hz	0.027 μF	8.7 mg	35.8 mg
500 Hz	0.01 μF	13.7 mg	54.8 mg

T2とカウンタ周波数の選択：設計のトレード・オフ

ノイズ・レベルは加速度センサーの分解能の決定要因のひとつです。ふたつ目としてはデューティ・サイクル出力をデコードする時のカウンタの測定分解能に関係します。

ADXL202のデューティ・サイクル・コンバータはおよそ14ビットの分解能を持ち、これは加速度センサー自体の分解能を上回っています。しかしながら、加速度信号の実際の分解能はデューティ・サイクルをデコードするために使われるカウンター部品の時間分解能によって制限を受けます。カウンタ・クロックが速くなれば、デューティ・サイクルの分解能があがり、同じ分解能に対するT2の周期を短くできます。以下に示す表はいくつかのトレード・オフを示しています。この表はマイクロプロセッサのカウンタによる分解能であることに注意することは大切です。前の節で説明があったように加速度センサーのノイズ・フロアが分解能の下限を決める事もあります。

表V．マイクロコントローラのカウンタ・レート、T2周期とデューティ・サイクル変調器の分解能との間のトレード・オフ

T2 (ms)	R_{SET} (kΩ)	ADXL202 サンプル・レート	カウンタ・クロック・レート (MHz)	T2サイクル当たりのカウント数	gあたりのカウント数	分解能 (mg)
1.0	124	1000	2.0	2000	250	4.0
1.0	124	1000	1.0	1000	125	8.0
1.0	124	1000	0.5	500	62.5	16.0
5.0	625	200	2.0	10000	1250	0.8
5.0	625	200	1.0	5000	625	1.6
5.0	625	200	0.5	2500	312.5	3.2
10.0	1250	100	2.0	20000	2500	0.4
10.0	1250	100	1.0	10000	1250	0.8
10.0	1250	100	0.5	5000	625	1.6

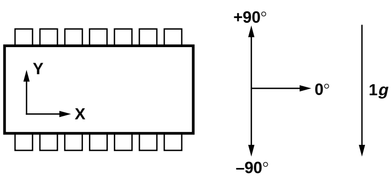
マイクロコントローラでデューティ・サイクル出力を使うための戦略

デューティ・サイクル出力を低価格のマイクロコントローラで利用するさまざまな戦略をまとめたアプリケーション・ノートを用意しています。

ADXL202を2軸傾斜センサーとして使う

ADXL202が一番よく使われるアプリケーションのひとつは傾きの測定です。加速度センサーは空間での物体の方向を決めるための入力ベクトルとして重力を使用します。

加速度センサが傾斜に対して最も敏感になるのはその検出軸が重力に対して垂直、すなわち地球の表面に対して並行、になった時です。この方向の時に傾斜の変化に対する感度が最大になります。加速度センサーの軸が重力の方向にある時、すなわち＋1 gまたは－1 gに近い値の読みの時には、傾斜の角度当たりの加速度出力の変化は無視できるほどわずかです。加速度センサが重力に対して垂直に時には、その出力は1°の傾斜あたり17.5 mgぐらい変化します。しかし45°の角度の時には1°あたりの変化は12.2 mgのみで分解能も劣化します。以下の表ではデバイスが重力に対して－90°から＋90°に傾斜した時のX軸とY軸の変化を示しています。



水平に対するX軸の方向（°）	X出力		Y出力	
	X出力（g）	1°の傾斜に対する変化量（mg）	Y出力（g）	1°の傾斜に対する変化量（mg）
－90	－1.000	0.2	0.000	17.5
－75	－0.966	4.4	0.259	16.9
－60	－0.865	8.6	0.500	15.2
－45	－0.707	12.2	0.707	12.4
－30	－0.500	15.0	0.866	8.9
－15	－0.259	16.8	0.966	4.7
0	0.000	17.5	1.000	0.2
15	0.259	16.9	0.966	－4.4
30	0.500	15.2	0.866	－8.6
45	0.707	12.4	0.707	－12.2
60	0.866	8.9	0.500	－15.0
75	0.966	4.7	0.259	－16.8
90	1.000	0.2	0.000	－17.5

図14．どのようにX軸、Y軸が傾斜の変化に反応するか

2軸傾斜センサー：加速度を傾斜に変換する

加速度センサーのX軸とY軸の両方が地球の表面に対して平行に置かれる時、その加速度センサーはロールとピッチ軸の2軸の傾斜センサーとして使う事ができます。加速度センサーからの出力を－1 gから＋1 gの間の加速度に変換してしまえば、以下の式を使って傾斜出力を度の単位で求める事ができます。

$$Pitch = ASIN\,(Ax/1\,g)$$

$$Roll = ASIN\,(Ay/1\,g)$$

ここで、オーバーレンジを考慮するのを忘れないでください。振動やショック、その他の加速度によって±1 gを超える信号が出力される事があります。

360°の傾斜の測定

重力方向に対して360°回転の計測も、ふたつの加速度センサーをお互いに垂直になるように使う事で行えます（図15参照）。ひとつのセンサーが角度あたりの出力の変化を最大に読み取っている時、もう一方のセンサーは変化が最小になります。

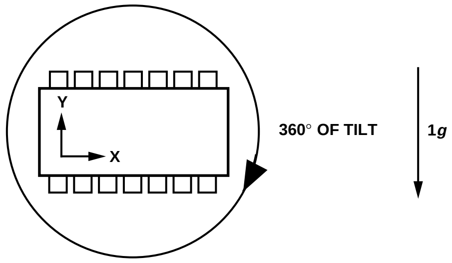


図15．360°の傾斜を測定するためにふたつの軸の加速度センサーを使う

アナログ出力の使用

ADXL202は基本的にはデジタル出力を使うように設計されていますが、アナログ出力を供給する事もできます。

デューティ・サイクルのフィルタリング

アナログ出力はデューティ・サイクル出力にフィルタをかける事で作り出す事が可能です。この方法は受動部品のみを必要とします。デューティ・サイクル周期（T2）は1 msに設定して下さい。デューティ・サイクル出力に、その3 dBポイントが少なくともデューティ・サイクル周波数の1/10よりも小さくなるようなRCフィルタを接続します。そのフィルタの抵抗値は出力段での負荷にならないように100 kΩ以上のものを使います。このアナログ出力信号は電源電圧に比例します。この方法の利点は出力のスケール・ファクタが約625 mV/gになる事です（V_{DD}＝5 Vの時）。欠点はX_{FILT}、Y_{FILT}出力を使う時と比較して周波数応答が遅くなる事です。

X_{FILT}、Y_{FILT}出力

二つ目の方法は、X_{FILT}、Y_{FILT}ピンに出てくるアナログ出力を使う事です。残念な事に、これらのピンは32 kΩの出力インピーダンスを持ち、負荷を直接ドライブできるようには設計されていません。このピンをバッファするためにオペ・アンプ・フォロア等が必要です。この方法の利点は加速度センサーのバンド幅5 kHzがフルに利用できる事です。この出力を使う時でも、フィルタリングのためのコンデンサをこのピンにつけなくてはなりません。デューティ・サイクルのコンバータは10 MΩより小さいR_{SET}を使って走らせておきます。加速度センサーのオフセットと感度は電源電圧に比例する事に注意して下さい。オフセットと感度は通常以下のようになります。

0 gオフセット＝V_{DD}/2

＋5 V時で2.5 V

感度＝（60 mV×Vs）/g　　　V_{DD}が＋5 V時で300 mV/g

消費電力のとても小さいアプリケーションでADXL202を使う

ADXL202のための低消費電力のための戦略の概要を示したアプリケーション・ノートを用意しています。いくつかのキー・ポイントをここに示します。以下に示すテクニックを使って、ADXL202の平均電流を0.6 mAから20 μA以下に減らす事が可能です。

1. ADXL202にパワー・サイクルをかける。
2. ADXL202を低い電圧で駆動する（3 Vに下げる）。

外部A/Dとのパワー・サイクリング

XFILTのコンデンサーの値に依存しますが、ADXL202は1.6 msでターン・オンしてきちんとした値を読めるようにする事ができます。ほとんどのマイクロコントローラ・ベースのA/Dはそこから25 μsでデータを読み取る事ができます。ですから、2 ms以内にADXL202をターン・オンさせて値も読み取る事が可能です。もし20 Hzのサンプリング・レートで十分であれば、20個のサンプルを計測するのに必要な電流のトータルは2 ms×20サンプル/s×0.6 mA＝平均電流24 μAです。ADXL202を3 Vで駆動すれば供給電流は0.6 mAから0.4 mAに減少し、平均電流は16 μAに減少します。

A/DはADXL202のアナログ出力をX_{FILT}とY_{FILT}ピンの所で読み取ります。バッファ・アンプの使用が推奨され、8ビットから10ビットのコンバータで十分な分解能を得るために増幅が要求される事があります。

デジタル出力を使ってのパワー・サイクリング

消費電力を抑える別の方法として、マイクロコントローラを高いクロック・レートで走らせて、デジタル出力を使いながら、読み出しと読み出しの間をシャットダウンするものがあります。このアプローチではADXL202を、X_{FILT}とY_{FILT}に500 Hzのフィルタをかけて最高速のサンプル・レート（T2＝0.5 ms）で設定します。このコンセプトはADXL202からの読み出しを出来る限り迅速に行い、次のサンプルが必要になるまでADXL202とマイクロコントローラをシャットダウンしてしまうというものです。

上記のふたつのアプローチとも、余分な外部部品を使わずにマイクロコントローラのデジタル・ポート・ピンを直接使う事で、ADXL202をスイッチ・オンしたりオフしたりする事ができます。そのポートは加速度センサーのコモン・ピンをスイッチングするように使いますのでポート・ピンは“プル・ダウン”します。

ADXL202のキャリブレーション

傾斜の測定等のアプリケーションの場合、ADXL202のオフセットやスケール・ファクタの初期値はキャリブレーションを必要とします。ADXL202のアーキテクチャでは、これらのキャリブレーションをデューティ・サイクル信号をデコードするのに使用するマイクロコントローラのソフトウエアで行うように設計しています。キャリブレーション・ファクタはEEPROMにストアしておく事もできますし、電源投入時に決めてダイナミック・メモリにセーブしておく事もできます。

小さいgのアプリケーションでは、重力が最も安定していて正確な、基準にするにはもっとも便利な加速度です。0 gポイントの値はデバイスを地面に対して平行にさせてその出力を読む事で決める事ができます。

より正確なキャリブレーション方法は＋1 gと－1 gの測定をする事です。感度はこのふたつの測定によって決める事ができます。

キャリブレーションのために、加速度センサーの測定軸が直接地面を指すようにします。1 gの読み出した値をセーブして－1 gを測定するためにセンサーを180°回転させます。二つの読み取り値から感度を計算します。

Aを＋1 gの加速度センサー出力

Bを－1 gの加速度センサー出力とすると

感度＝［A－B］/2 g

例えば、＋1 gの読み出し値（A）が55%のデューティ・サイクルで－1 gの読み出し値（B）が32%のデューティ・サイクルだとすると

感度＝[55%－32%]/2 g＝11.5%/g

これらの式は出力がアナログでもデューティ・サイクルでも同じです。

アプリケーション・ノートではデューティ・サイクルからの加速度の計算の仕方のアルゴリズムや自動キャリブレーション・ルーチンの概要を示しています。

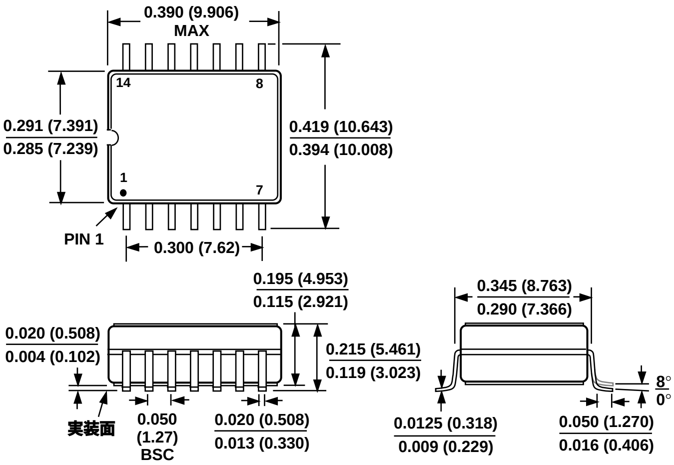
電源のデカップリング

ほとんどのアプリケーションでは0.1 μFのコンデンサ、C_{DC}一個で加速度センサーを電源上の信号やノイズからデカップリングを十分行えます。しかしながら、マイクロコントローラ等のデジタル・デバイスが同じ電源を共有しているような時を筆頭としたいくつかの場合には、電源のデジタル・ノイズがADXL202の出力を妨害する事があります。これはX_{FILT}とY_{FILT}においての電圧がゆっくりと波打つような形で現れます。さらなるデカップリングが必要な時には、100 Ω（またはそれ以下）の抵抗やフェライト・ビーズをADXL202の電源ラインに挿入して下さい。

外形寸法

サイズはインチと（mm）で示します。

14-Lead Cerpak
（QC-14）



D5090-2.7-6/99,1A

PRINTED IN JAPAN